



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication :

**0 072 288**  
**B1**

(12)

## FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :  
30.12.86

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> : **H 04 R 17/00**

(21) Numéro de dépôt : **82401393.2**

(22) Date de dépôt : **27.07.82**

---

(54) **Transducteur électroacoustique à polymère piézoélectrique.**

---

(30) Priorité : **11.08.81 FR 8115506**

(43) Date de publication de la demande :  
**16.02.83 Bulletin 83/07**

(45) Mention de la délivrance du brevet :  
**30.12.86 Bulletin 86/52**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE IT NL SE**

(56) Documents cités :

EP-A- 0 032 082

EP-A- 0 032 082

DE-A- 2 714 709

US-A- 4 056 742

US-A- 4 064 375

US-A- 4 064 375

JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 15, no. 11, 1976, pages 2239,2240, Tokyo (JP); L. BREGER: "Bending piezoelectricity in polyvinilidene fluoride". ELECTRONICS LETTERS, vol. 11, no. 22, 30 octobre 1975, pages 532-533, Londres (GB); J.F. SEAR et al.: "Noise-cancelling microphone using a piezoelectric plastics transducing element".

(73) Titulaire : **THOMSON-CSF**  
**173, Boulevard Haussmann**  
**F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

(72) Inventeur : **Ravinet, Pierre**  
**THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann**  
**F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur : **Claudepierre, Christian**  
**THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann**  
**F-75379 Paris Cedex (FR)**  
Inventeur : **Guillou, Denis**  
**THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann**  
**F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur : **Micheron, François**  
**THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann**  
**F-75379 Paris Cedex (FR)**

(74) Mandataire : **Desperrier, Jean-Louis et al**  
**THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine**  
**F-75008 Paris (FR)**

**EP 0 072 288 B1**

---

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

---

**Description**

La présente invention se rapporte aux traducteurs électro-acoustiques permettant de convertir une pression acoustique ou un gradient de pression en une tension électrique. Elle concerne plus particulièrement les microphones et les hydrophones à pression ou à vitesse dans lesquels la conversion d'une vibration acoustique en tension électrique est assurée par un élément vibrant en polymère piézoélectrique.

Il est connu de réaliser des microphones à membrane en polymère piézoélectrique tendue ou thermoformée. En particulier, il est courant d'utiliser un film mince de polyfluorure de vinylidène (PVF<sub>2</sub>) d'une épaisseur de l'ordre de quinze microns pour former un élément transducteur sollicité à se déformer sous l'action d'une différence de pression créée entre ses faces. La différence de pression est obtenue en 5 montant la membrane piézoélectrique dans un écran, mais pour obtenir une sensibilité à la pression acoustique l'écran est remplacé par un boîtier fermé. L'élément piézoélectrique forme un condensateur électrique dont la capacité varie en sens contraire de l'épaisseur du film utilisé. L'effet transducteur piézoélectrique fournit sur les électrodes une charge électrique induite par les contraintes mécaniques subies par le film piézoélectrique. En circuit ouvert, la tension induite par effet piézoélectrique varie en 10 sens inverse de la capacité interélectrode de sorte qu'avec un film mince, il est nécessaire de produire une forte déformation pour obtenir une bonne sensibilité. La compliance mécanique d'une membrane mince est élevée, mais le fait de clore la face arrière introduit une capacité acoustique qui réduit sensiblement la compliance de l'ensemble. Pour diminuer l'effet de charge de la membrane par le coussin d'air à comprimer, on peut augmenter le volume du boîtier, mais cette solution est souvent inacceptable en 15 par suite de l'encombrement du microphone.

Lorsqu'on utilise comme élément vibrant une membrane plane faite d'une seule couche de matériau polymère, l'énergie de déformation prédominante est celle qui correspond à la traction-compression et comme cette sollicitation ne change pas de signe avec la pression acoustique alternative, la tension délivrée est en majeure partie redressée. Pour utiliser une telle membrane, on peut prévoir une 25 polarisation mécanique en créant une surpression dans le boîtier porteur de la membrane. Cette surpression peut être obtenue au moyen d'un coussin élastique. Le fonctionnement à fréquence double peut être évité en utilisant comme élément vibrant une structure bimorphe, ce qui complique la fabrication des membranes, mais évite d'avoir à prévoir une précontrainte.

Il est également connu de la demande de brevet européen 32 082 d'utiliser une membrane dont le 30 centre est thermoformé selon la forme permanente d'un dôme à partir d'une feuille plane en gardant autour de ce dôme une couronne plane qui permet de fixer cette membrane sur un boîtier fermé en pinçant cette couronne entre le boîtier et une pièce de pinçage qui réalisent tous deux un encastrement plan. Cet encastrement n'exerce donc aucun effort ni aucun effet sur le dôme, mais la stabilité dimensionnelle de celui-ci est difficile à maintenir justement parce qu'aucune force ne tend à la maintenir 35 et que la déformation due au traitement thermique est susceptible d'évoluer dans le temps, notamment sous l'effet des variations de température. Par ailleurs l'opération de thermoformage, ainsi que les autres procédés cités dans la demande, sont délicats à mettre en œuvre.

Afin de pallier ces inconvénients, l'invention propose un transducteur électroacoustique comprenant un boîtier fermé par une plaque élastique en polymère piézoélectrique encastrée entre le boîtier et une 40 pièce de pinçage et comportant au moins une incurvation, les faces de ladite plaque étant munies d'électrodes formant condensateur reliées à un circuit adaptateur d'impédance monté dans le boîtier, caractérisé en ce que cette incurvation est réversible et est provoquée par la forme de l'encastrement qui exerce des efforts de flexion sur la plaque.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après et des figures annexées, parmi 45 lesquelles :

La figure 1 représente une capsule microphonique de type connu.

La figure 2 représente une capsule microphonique à l'élément vibrant en forme de plaque encastrée.

La figure 3 représente un premier mode de réalisation d'une capsule microphonique selon 50 l'invention.

La figure 4 représente un second mode de réalisation d'une capsule microphonique selon l'invention.

La figure 5 est une vue en coupe méridienne d'un microphone selon l'invention.

Les figures 6 et 7 représentent les schémas électriques des circuits adaptateurs d'impédance.

Les figures 8 et 9 sont des diagrammes explicatifs.

Les figures 10 à 12 représentent des détails de réalisation de l'élément transducteur en forme de plaque.

La figure 13 est une vue en coupe méridienne d'un autre microphone selon l'invention.

La figure 14 est une vue isométrique d'une capsule microphonique utilisant une plaque cintrée.

La figure 15 est un diagramme explicatif.

La figure 16 est un schéma électrique de circuit adaptateur d'impédance.

Sur la figure 1, on peut voir une capsule microphonique à membrane en polymère piézoélectrique

selon l'art connu. Elle se compose d'un boîtier en deux parties comprenant un fond 1 et une colllerette 2. Une membrane 3 en film mince de polymère piézoélectrique est pincée entre la colllerette 2 et le rebord du fond de boîtier 1. Cette membrane 3 est soumise à la pression acoustique  $p$  et en se déformant elle comprime le volume intérieur du fond de boîtier 1. Si ce volume est rempli d'air à la pression atmosphérique, une surpression  $\Delta p$  produit l'affaissement indiqué en pointillé sur la figure 1. Avec un film de 15 microns d'épaisseur et un diamètre de membrane de 15 millimètres, la déformée de la membrane est régie par les tensions de traction dont la composante verticale doit équilibrer la poussée. Des électrodes 4 et 5 recouvrant les deux faces de la membrane 3 permettent de recueillir des charges électriques induites par la piézoélectricité intrinsèque du film 3. Un circuit amplificateur 7 recueille une tension proportionnelle à ces charges et inversement proportionnelle à la constante diélectrique apparente de l'ensemble membrane-électrodes. Le circuit 7 présente une très forte impédance d'entrée et son impédance de sortie est adaptée à l'impédance de la ligne de transmission LL. En présence d'une pression acoustique alternative, le dispositif de la figure 1 fournit une tension redressée, mais la réponse peut être linéarisée en créant une précontrainte de la membrane 3.

La structure de capsule microphonique représentée sur la figure 2 ne diffère de celle de la figure 1 que par l'utilisation d'une plaque encastrée 3 d'épaisseur  $e$  à la place d'une membrane. Cependant, cette différence en apparence minime entraîne un fonctionnement sensiblement différent du transducteur piézoélectrique.

Contrairement à une membrane mince, une plaque présente une résistance à la flexion qui s'ajoute à la résistance à la traction pour compenser la poussée exercée par la pression  $p$ . Lorsque la plaque est encastrée, la déformée 6 présente un point d'infexion de part et d'autre duquel la courbure s'inverse. Le travail de déformation se compose de plusieurs termes qui font intervenir la tension de traction, le moment fléchissant et l'effort tranchant. Globalement, la compliance mécanique d'une plaque est moindre que celle d'une membrane, ce qui rend cette structure plus épaisse moins sensible à la présence d'un volume intérieur à comprimer.

La piézoélectricité intrinsèque permet de calculer la charge électrique induite par étirement de la plaque dans son plan, mais elle ne rend pas compte des charges électriques induites par flexion. C'est la piézoélectricité de flexion, c'est à dire une piézoélectricité évaluée sur la base d'un gradient de contrainte qui peut rendre compte d'une bonne partie de la charge électrique induite. Lorsqu'une pression acoustique alternative excite une plaque plane, le gradient de contrainte change de signe à chaque alternance de sorte que la tension développée entre les électrodes 4 et 5 renferme une composante alternative, sans qu'il soit nécessaire d'appliquer une précontrainte. A charge électrique induite égale, la tension à vide développée par une plaque piézoélectrique est supérieure à celle que produirait une membrane, car la capacité électrique est plus faible. C'est la raison pour laquelle, une plaque est susceptible d'offrir avec une compliance plus faible une sensibilité en tension convenable et une distorsion plus faible grâce à l'action linéarisante de la piézoélectricité de flexion.

Les considérations qui précèdent ont conduit à expérimenter avec des plaques de polyfluorure de vinylidène ( $\text{PVF}_2$ ) d'épaisseur  $e$  croissante les propriétés microphoniques du dispositif de la figure 2.

Le diagramme de la figure 8 donne dans le cas d'une plaque de polymère piézoélectrique  $\text{PVF}_2$  ayant un diamètre de 15 mm à l'encastrement la sensibilité  $S$  en millivolt par Pascal et la plus basse fréquence de résonance  $F$  en kHz pour différentes épaisseurs  $e$  exprimées en microns.

Les courbes 28 et 29 se rapportent à une plaque encastrée de forme plane. La courbe 28 montre que la fréquence de résonance croît linéairement avec l'épaisseur  $e$  de la plaque vibrante, ce qui est typique d'une structure résistant à la flexion. La courbe 29 montre que la sensibilité en tension augmente avec l'épaisseur  $e$  jusqu'à 200 microns et qu'elle s'infléchit ensuite pour des épaisseurs plus fortes. La mesure de la sensibilité est effectuée nettement en deçà de la fréquence de résonance, ce qui revient à rendre négligeable l'effet de masse de la plaque vibrante et à s'intéresser à la déformation statique. La fréquence  $F$  doit être considérée comme illustrative de la bande de fréquences susceptible d'être reproduite fidèlement et ce que montre la courbe 29, c'est que jusqu'à une épaisseur de 200 microns la sensibilité et la bande passante croissent simultanément alors qu'au-delà on assiste à un phénomène courant en acoustique, à savoir que le gain réalisé sur la bande passante s'obtient au détriment de la sensibilité.

L'utilisation d'une plaque plane encastrée comme organe transducteur directement soumis à la pression acoustique présente un grand intérêt du point de vue de la commodité de fabrication et de la stabilité dans le temps des caractéristiques. Cependant, la notion de planéité et celle d'encastrement sont dans la pratique des approximations qui peuvent avoir une grande influence sur la reproductibilité des caractéristiques d'un microphone. Un petit défaut de planéité changeant d'un échantillon au suivant crée une grande dispersion de sensibilité à tel point qu'en veillant à réaliser une plaque aussi plane que possible, on a observé un véritable effondrement de la sensibilité.

Au lieu de laisser au hasard le soin de fixer la sensibilité d'un microphone, l'invention prévoit de créer systématiquement dans la plaque une légère incurvation prenant le pas sur tous les défauts de planéité inhérents à la fabrication.

Sur la figure 3, on peut voir une vue isométrique éclatée d'une capsule microphonique selon l'invention. La plaque piézoélectrique 3 présente des ondulations sectoriales produites en pinçant celle-ci entre les faces ondulées de la colllerette 2 et du rebord du fond de boîtier 3. Comparativement à un encastrement par pinçage d'une plaque aussi plane que possible entre deux portées annulaires planes,

on observe un gain sensible de sensibilité pouvant atteindre 20 dB. Après démontage et remontage de la plaque 3 dans cet encastrement de type ondulé, on constate une bonne reproductibilité des caractéristiques de la capsule microphonique. Les ondulations de la plaque 3 ont une incidence favorable sur la réponse aux sollicitations de traction-compression dont l'effet s'ajoute aux sollicitations de flexion. En effet, l'incurvation de la plaque forme une structure légèrement arc-boutée qui réagit linéairement à la pression acoustique alternative.

La réalisation des surfaces de pinçage ondulées de l'encastrement nécessite un usinage précis de la collierette 2 et du fond de boîtier 1.

Pour simplifier l'usinage, la figure 4 montre une vue isométrique partielle d'une autre forme de réalisation de l'invention. La capsule microphonique représentée utilise une plaque 3 partiellement bombée grâce à un encastrement légèrement conique. A cet effet, les surfaces annulaires de la collierette 2 et du fond de boîtier 1 qui pincent la plaque 3 sont des portions de cônes coaxiaux dont l'angle au sommet 0 vaut un peu moins de 180°. Avec un angle au sommet de 166° et une plaque de 200 microns d'épaisseur encastrée sur un diamètre de 15 mm on a obtenu une sensibilité de 3,5 millivolts par Pascal.

D'après ce qui vient d'être dit, on voit que la sensibilité d'une plaque piézoélectrique est fortement dépendante de petits défauts de planéité qui sont perceptibles lorsqu'on examine en réflexion les faces métallisées. Ce léger gondolement peut résulter de contraintes internes que l'on peut relâcher par un traitement thermique approprié. Cependant, on obtient une bien meilleure sensibilité et une bonne reproductibilité de la courbe de réponse en imposant à la plaque encastrée des déformations supérieures aux déformations aléatoires dues à un montage imparfait, ou à un manque de planéité initial. Le montage d'une plaque initialement plane dans un encastrement tronconique tend à lui donner une forme de dôme qui dépend de la rigidité à la flexion. Cette forme ne nécessite ni formage préalable, ni appui de la plaque sur un milieu élastique destiné à créer un renflement.

Les courbes 26 et 27 du diagramme de la figure 8, ont été obtenues avec un encastrement tronconique d'angle au sommet égal à 160°. La courbe 26 montre que la sensibilité en tension est nettement supérieure à celle que l'on obtient avec un encastrement plan. La courbe 27 montre que la fréquence du premier mode de résonance est relevée sauf pour les fortes épaisseurs. L'épaisseur optimale pour une plaque de polyfluorure de vinylidène ayant un diamètre intérieur de 15 mm se situe aux alentours de 200 microns.

La figure 9 illustre la courbe de réponse en fréquence d'une capsule microphonique à plaque vibrante épaisse de 200 microns. Les profils 30 et 31 délimitent le gabarit d'un microphone à usage téléphonique. La courbe de réponse 32 a été obtenue avec un amortissement acoustique de la première résonance de plaque. La portion de courbe 33 en pointillé montre la différence de tracé lorsque l'amortissement acoustique n'est pas employé.

La figure 5 est une vue en coupe méridienne d'une capsule microphonique à plaque piézoélectrique. Le boîtier comporte une partie supérieure 2 en métal qui s'emboîte dans un fond de boîtier 11 muni de bornes de raccordement isolées 14. La plaque piézoélectrique 3 munie de ses métallisations 4 et 5 est encastrée tronconiquement entre le rebord de la partie supérieure 2 du boîtier et un anneau métallique 8 à section trapézoïdale. L'anneau 8 est pressé contre la plaque 3 par une rondelle isolante 9 reposant sur une pièce élastique de blocage 10 qui pénètre dans une fente circulaire de la partie supérieure 2 du boîtier. Un tampon 12 de matière absorbante acoustique est logé dans l'évidement central de la partie supérieure 2 du boîtier. Ce tampon est coincé entre la pièce 9 et une plaquette 11 de circuit imprimé sur laquelle sont agencés les composants électroniques d'un circuit électrique adaptateur d'impédance.

Les matériaux polymères piézoélectriques tels que le polyfluorure de vinylidène et ses copolymères sont particulièrement indiqués, car ils permettent de réaliser aisément les incurvations illustrées sur les figures 3 à 5. En ce qui concerne la bande passante, on peut définir en première approximation la limite supérieure à partir du calcul de la fréquence  $f_1$  du premier mode de résonance d'une plaque circulaire soit :

$$f_1 = \frac{2,96}{2\pi} \cdot \frac{e}{R^2} \sqrt{\frac{E}{\rho(1 - \nu^2)}}$$

où

- 55 e est l'épaisseur de la plaque
- R le rayon intérieur du cercle non encastré
- E le module d'Young du matériau piézoélectrique
- $\nu$  le coefficient de Poisson
- $\rho$  la masse volumique.
- 60 Pour une plaque de PVF<sub>2</sub> on a :

$$E = 3,5 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$$

$$\nu = 0,3$$

## 0 072 288

$$\rho = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Kg m}^{-3}$$

avec  $R = 0,75 \text{ cm}$  et  $e = 200 \text{ microns}$ , on trouve :

5

$$f_2 = 2,45 \text{ kHz.}$$

En amortissant cette pointe de résonance avec un coussin de mousse en appui sur la face arrière de la plaque, on peut atteindre une limite supérieure de l'ordre de 3,6 kHz, comme illustré sur la figure 9.

10 La limite inférieure de la bande passante est nulle si la capacité que constitue la plaque est reliée à un circuit amplificateur à impédance d'entrée infinie.

Cependant, en pratique on souhaite atténuer la réponse en deçà d'une fréquence  $f_2$  et dans ce cas une résistance  $R_e$  doit être branchée en parallèle sur la capacité  $C$  de la plaque. On applique alors la relation :

15

$$R_e C = \frac{1}{2 \pi f_2}$$

Si  $f_2$  est par exemple égale à 300 Hz et si les électrodes ont un diamètre de 15 mm et sont séparées par une épaisseur de 225 microns de PVF<sub>2</sub>, sachant que  $\epsilon_r \epsilon_0 = 10^{-10} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ , on trouve :

20

$$C = \frac{\pi}{4} 10^{-10} \frac{225 \cdot 10^{-6}}{225 \cdot 10^{-6}} = 90 \text{ pF}$$

et

25

$$R_e = \frac{1}{9 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \pi \cdot 300} = 6 \cdot 10^6 \text{ ohm}$$

30 Le circuit amplificateur à monter en aval de la capsule microphonique devra par exemple fournir un gain en tension proche de l'unité et pour débiter sur une impédance extérieure de 200 ohms, il devra fournir un gain en courant égal à  $6 \cdot 10^6 / 200 = 3 \cdot 10^4$ .

35 Sur la figure 6, on peut voir un circuit électrique permettant d'assurer la liaison entre la capsule microphonique 3, 4, 5 et une ligne téléphonique LL. Ce circuit fait appel à un transistor unipolaire 17 à grille isolée. La source du transistor 17 est reliée par une résistance de polarisation 16 à l'électrode de masse 4. Un limiteur à diodes 18 et un condensateur de découplage 19 peuvent être branchés en parallèle sur la résistance pour polariser convenablement la grille du transistor 17. La résistance 15 branchée en parallèle sur la capsule 3, 4, 5 fixe comme indiqué ci-dessus la fréquence de coupure inférieure  $f_2$ . Les résistances de charge 20 et 21 relient respectivement les pôles + et — d'une source d'alimentation à l'électrode 4 et au drain du transistor 17. Des capacités de découplage 22 empêchent la composante 40 continue d'être transmise à la ligne LL.

45 Le circuit adaptateur d'impédance peut être réalisé au moyen de transistors bipolaires comme illustrés sur le schéma électrique de la figure 7. La ligne de transmission LL peut fournir la tension d'alimentation à l'étage amplificateur via une résistance 25 reliée à un condensateur de filtrage 24. L'étage amplificateur comprend un montage Darlington 23 à deux transistors NPN utilisés en émetteur suiveur. La résistance 16 joue le rôle de charge d'émetteur et est reliée à la ligne de transmission LL par un condensateur de liaison 22. La polarisation en courant du montage Darlington est obtenue par une résistance 15 de forte valeur qui relie la base du premier transistor NPN du montage 23 au pôle positif du condensateur 24. La capsule microphonique proprement dite 3, 4, 5 est branchée en parallèle sur la résistance 15.

50 Sur la figure 10, on peut voir une vue isométrique d'une plaque piézoélectrique de capsule microphonique selon l'invention. Il s'agit d'une construction intégrée dans laquelle la plaque de polyfluorure de vinylidène sert de support à un circuit intégré 34 qui regroupe les éléments 22, 23, 25 et 16 de la figure 7. La métallisation 5 est échancrée et deux languettes de connexion L sont prévues pour le raccordement à la ligne de transmission. Le condensateur 24 est relié extérieurement à l'une de ces 55 languettes de connexions et à la contre-électrode 4. La résistance 15 est réalisée sous la forme d'un remplissage de diélectrique 36 rendu légèrement conducteur de l'électricité. La connexion 35 relie l'électrode 5 à la connexion de base du montage Darlington 23.

La figure 11 est une vue isométrique partielle et retournée de la plaque piézoélectrique de la figure 10. On voit que la réalisation de la résistance branchée entre les électrodes 4 et 5 est obtenue en perçant 60 un trou 36 et en le remplissant de polymère conducteur obtenu par exemple avec une charge de carbone.

La figure 12 montre que la résistance reliant les électrodes 4 et 5 peut être matérialisée par un dépôt faiblement conducteur 37 occupant en partie ou en totalité la tranche de la plaque piézoélectrique 3.

Enfin, il faut signaler que la résistance de fuite 15 des schémas électriques des figures 6 et 7 peut être obtenue par un dopage dans la masse du polymère piézoélectrique. Le dopage peut être réalisé par 65 diffusion d'ions ou en mélangeant à une solution de polymère des traces d'iodure de potassium.

L'avantage de cette technique est que la constante de temps est définie de façon intrinsèque, donc indépendante de la forme géométrique de la plaque.

Il est à noter que la surcharge constituée par la présence du circuit intégré 34 est faible par rapport à la masse effective de la plaque vibrante et que la baisse correspondante de la fréquence de résonance est 5 peu marquée.

En ce qui concerne la réalisation des électrodes 4 et 5, on peut adopter la technique de l'évaporation sous vide de métaux tels que l'aluminium, le nickel-chrome, le chrome-or. Les plaques circulaires peuvent être découpées à l'emporte-pièce dans une feuille métallisée double face. Etant donné les hautes 10 impédances rencontrées à l'entrée du circuit électrique adaptateur, il n'y a aucun inconvénient à réaliser les électrodes 4 et 5 sous la forme de minces pellicules de polymère chargé de particules conductrices. Ces particules peuvent être métalliques, par exemple en nickel, cuivre argenté, argent, mais on peut également utiliser des particules de carbone.

Le polymère utilisé comme liant peut être différent du polymère piézoélectrique, par exemple latex, 15 silicoines, caoutchouc synthétique ou naturel. On peut également utiliser avantageusement le même polymère comme liant. Ainsi, pour confectionner les électrodes d'une plaque de polyfluorure de vinylidène, on peut partir d'une solution à 20 gr/litre dans le diméthyl formamide, à laquelle est ajouté 20 % en poids de noir de carbone Corax L (produit de la firme DEGUSSA). Un dépôt conducteur de ce type offre une excellente adhérence avec le PVF<sub>2</sub> et une conductivité électrique largement suffisante. Les dépôts par sérigraphie, tournette, pinceau et projection sont utilisables. Le séchage a lieu à une température supérieure à 70 °C pour éviter la formation d'un dépôt pulvérulent.

Sur la figure 13, on peut voir une coupe méridienne de capsule microphonique particulièrement simple à réaliser.

Elle comprend deux flasques métalliques 1 et 2 à rebords tronconiques qui pincent le bord d'une plaque 3 en polymère piézoélectrique de façon à lui donner une forme bombée. Le flasque supérieur 2 est 25 en contact avec un dépôt conducteur 4 déposé sur la face convexe de la plaque 3 ; il joue le rôle de coiffe et à cet effet, il présente un évidement 46 communiquant avec l'extérieur par une série d'orifices 38 percés dans le fond. Une rondelle d'amortissement en textile 39 est collée au fond de l'évidement 46. La pression acoustique extérieure agit donc sur la face convexe de la plaque 3 via les orifices 38 et la couche amortissante 39. La face concave de la plaque 3 est revêtue d'un dépôt conducteur 5 en contact avec le 30 rebord supérieur du flasque 1. Le flasque 1 comporte une paroi intérieure percée d'un orifice 42 qui établit une communication entre deux cavités 47 et 48. Un tampon textile amortisseur 41 est collé sur l'orifice 42. La cavité 47 est délimitée par la face concave de la plaque 3 et un évidement supérieur du flasque 1. La cavité 48 est délimitée par un évidement inférieur du flasque 1 et par une plaquette 43 de 35 matériau isolant qui porte des bornes de connexion 45 et les composants électroniques 44 d'un circuit adaptateur d'impédance. La fermeture de la capsule microphonique est assurée par sertissage au moyen d'une enveloppe métallique 40 qui serre l'un contre l'autre les flasques 1 et 2, la plaque 3 et la plaquette porte circuit 43. Le flasque 2 sert d'électrode de masse et l'enveloppe 40 assure le blindage électrostatique. Le flasque 1 est isolé de l'enveloppe 40 et est raccordé à l'entrée d'un amplificateur. La 40 courbe de réponse 50 de la capsule microphonique de la figure 13 est donnée à la figure 15. On voit que l'allure de cette courbe de réponse est très régulière et bien située à l'intérieur du gabarit imposé pour l'application téléphonique.

La figure 16 montre le schéma électrique du circuit adaptateur d'impédance utilisé en liaison avec la capsule microphonique 51 de la figure 13. Il comprend deux étages amplificateurs à liaison directe. Le premier étage comprend un transistor T<sub>1</sub> bipolaire NPN dont l'émetteur est relié à une résistance R<sub>2</sub> ayant 45 une borne à la masse 4. Une résistance collecteur-base R<sub>1</sub> assure la polarisation en courant. L'électrode 5 est reliée à la base du transistor T<sub>1</sub>. Le deuxième étage amplificateur comprend un transistor T<sub>2</sub> bipolaire PNP dont le collecteur est relié à l'émetteur du transistor T<sub>1</sub>. La base du transistor T<sub>2</sub> est reliée au collecteur du transistor T<sub>1</sub> et son émetteur est relié via une résistance de charge R<sub>3</sub> au pôle positif + V d'une source d'alimentation. Le pôle négatif — V de la source d'alimentation est relié à la masse 4 via une 50 autre résistance R<sub>4</sub>. La chute de tension variable engendrée entre l'émetteur du transistor T<sub>2</sub> et la masse 4 est transmise à la ligne de transmission Z par deux condensateurs de couplage 22.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée à des plaques circulaires encastrées sur leur pourtour. La figure 14 est une vue isométrique d'une capsule microphonique dont la plaque piézoélectrique 3 a une forme rectangulaire. Le boîtier 1 comporte deux bords opposés qui coopèrent avec deux 55 longerons 2 afin de réaliser un encastrement ayant pour effet de cintrer la plaque 3. Les deux autres bords du boîtier 1 sont remontants, afin d'encadrer les bords non encastrés de la plaque 3. Des joints 49 en mousse élastique garnissant les bords remontant du boîtier 1 isolent la face concave de la plaque 3 de l'action de la pression acoustique extérieure. Dans ce cas, le boîtier 1 possède un fond rigide et au moins une cavité interne comprimée par la vibration de la plaque 3.

60 L'invention s'applique également aux capsules microphoniques à gradient de pression. Dans ce cas, la plaque vibrante est encastrée dans un écran qui crée une différenciation entre les pressions acoustiques agissant sur les deux faces. On peut aussi utiliser deux plaques piézoélectriques encastrées dans un cadre de façon à enfermer un volume d'air. L'interconnexion électrique de ces plaques permet d'obtenir une caractéristique de réponse de type gradient de pression, afin de favoriser les sources sonores rapprochées au détriment des sources éloignées.

Le microphone décrit ci-dessus peut être utilisé avantageusement comme hydrophone avec une fréquence de première résonance réduite par la charge d'eau. Dans ce cas, le couplage entre l'élément vibrant et le milieu aqueux peut se faire par l'intermédiaire d'un enrobage, par exemple en polyuréthane choisi pour présenter une impédance acoustique proche de celle de l'eau.

5

### Revendications

1. Transducteur électroacoustique comprenant un boîtier (1) fermé par une plaque (3) élastique en 10 polymère piézoélectrique encastrée entre le boîtier et une pièce de pinçage (2) et comportant au moins une incurvation, les faces de ladite plaque étant munies d'électrodes (4, 5) formant condensateur reliées à un circuit adaptateur d'impédance (13, 44) monté dans le boîtier (1), caractérisé en ce que cette incurvation est réversible et est provoquée par la forme de l'encastrement qui exerce des efforts de flexion sur la plaque (3).
15. 2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'encastrement entre le boîtier (1) et la pièce de pinçage (2) a une forme ondulée.
3. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'encastrement entre le boîtier (1) et la pièce de pinçage (2) a une forme tronconique.
4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant une électrode (4, 5) 20 sur chaque face de la plaque (3) élastique et une résistance d'amortissement (15) connectée entre ces électrodes, caractérisé en ce que cette résistance (36) est portée par la plaque (3) élastique.
5. Transducteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le polymère qui constitue la plaque (3) élastique est dopé pour conduire l'électricité, et que ladite résistance est formée par la plaque (3) élastique elle-même.
25. 6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 comprenant une électrode (4, 5) sur chaque face de la plaque (3) élastique et un circuit (7) adaptateur d'impédance connecté entre ces électrodes, caractérisé en ce que ce circuit (34) est porté par la plaque (3) élastique.
7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la plaque (3) élastique est circulaire, d'un diamètre de sensiblement 15 mm et d'un épaisseur de sensiblement 200 30 microns.

### Claims

35. 1. An electroacoustic transducer comprising a casing (1) obturated by a resilient plate made of piezoelectric polymer material, this plate being embedded between the casing and a gripper piece (2) and comprising at least one incurvation, the surfaces of said plate being equipped with electrodes (4, 5) constituting a capacitor which is connected to an impedance matching circuit (13, 14) mounted in the casing (1), characterized in that said incurvation is reversible and is provoked by the type of embedding by 40 which bending forces are applied to the plate (3).
2. A transducer according to claim 1, characterized in that the embedding between the casing (1) and the gripper piece (2) has an ondulated shape.
3. A transducer according to claim 1, characterized in that the embedding between the casing (1) and the gripper piece (2) has a tronconic shape.
45. 4. A transducer according to any one of claims 1 to 3, comprising an electrode (4, 5) on each surface of the resilient plate (3) and a damping resistor (15) connected between these electrodes, characterized in that said resistor (36) is supported by the resilient plate (3).
5. A transducer according to claim 4, characterized in that the polymer material constituting the resilient plate (3) is doped in such a way that it conducts electricity, and that said resistance is constituted by the resilient plate (3) itself.
50. 6. A transducer according to any one of claims 1 to 5 comprising an electrode (4, 5) on each surface of the resilient plate (3) and an impedance matching circuit (7) connected between these electrodes, characterized in that said circuit (34) is supported by the resilient plate (3).
7. A transducer according to any one of claims 1 to 6, characterized in that the resilient plate (3) is a 55 circular plate and has a diameter of about 15 mm and a thickness of about 200 µm.

### Patentansprüche

60. 1. Elektroakustischer Wandler mit einem von einer elastischen Platte (3) aus einem piezoelektrischen Polymer verschlossenen Gehäuse (1), wobei die Platte zwischen dem Gehäuse und einem Spannstück (2) eingespannt ist und mindestens eine Krümmung besitzt und wobei die Oberseiten dieser Platte mit Elektroden (4, 5) versehen sind, die einen an einem im Gehäuse (1) montierten Impedanzanpassungskreis (13, 44) angeschlossenen Kondensator bilden, dadurch gekennzeichnet, daß diese Krümmung reversibel ist und von der Einspannungsform hervorgerufen wird, die Biegekräfte auf die Platte (3) ausübt.
- 65.

**0 072 288**

2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspannung zwischen dem Gehäuse (1) und dem Spannstück (2) eine gewellte Form aufweist.
3. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspannung zwischen dem Gehäuse (1) und dem Spannstück (2) eine Kegelstumpfform besitzt.
5. 4. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3 mit einer Elektrode (4, 5) auf jeder Oberseite der elastischen Platte (3) und einem Dämpfungswiderstand (15), der zwischen den Elektroden angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß dieser Widerstand (36) von der elastischen Platte (3) getragen wird.
10. 5. Wandler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymer, aus dem die elastische Platte (3) besteht, so dotiert ist, daß es elektrisch leitfähig ist, und daß der Widerstand von der elastischen Platte (3) selbst gebildet wird.
15. 6. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5 mit einer Elektrode (4, 5) auf jeder Oberseite der elastischen Platte und mit einem Impedanzanpassungskreis (7), der zwischen diesen Elektroden angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreis (34) von der elastischen Platte (3) getragen wird.
7. Wandler nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elastische Platte (3) Kreisform besitzt mit einem Durchmesser von etwa 15 mm und einer Dicke von etwa 200 µm.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

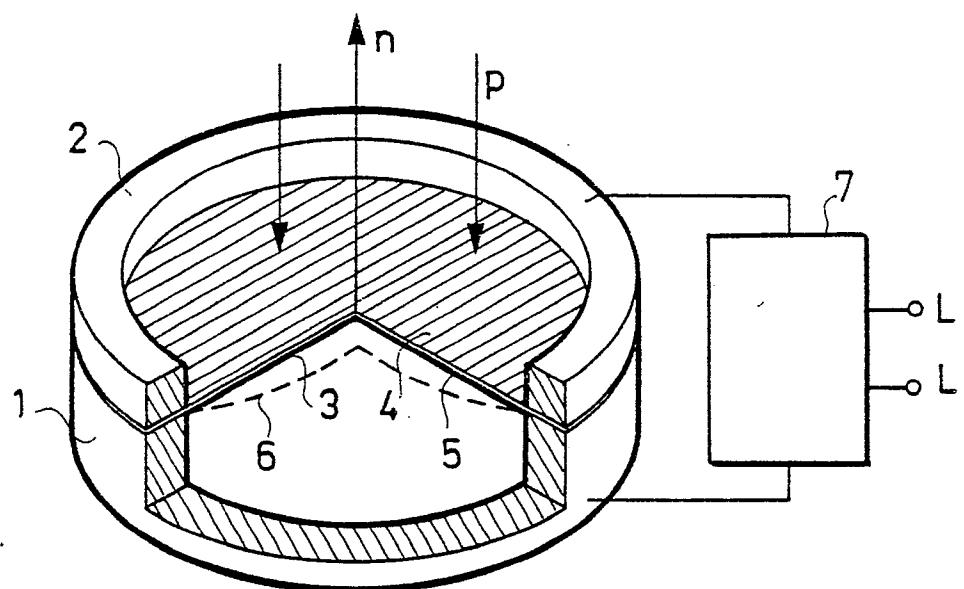


FIG.2

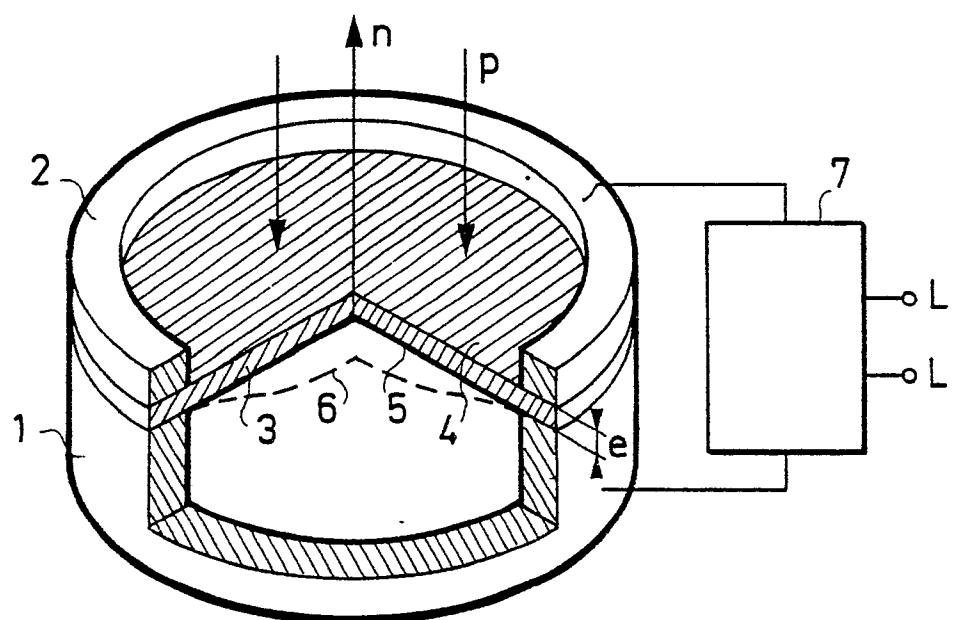


FIG.3

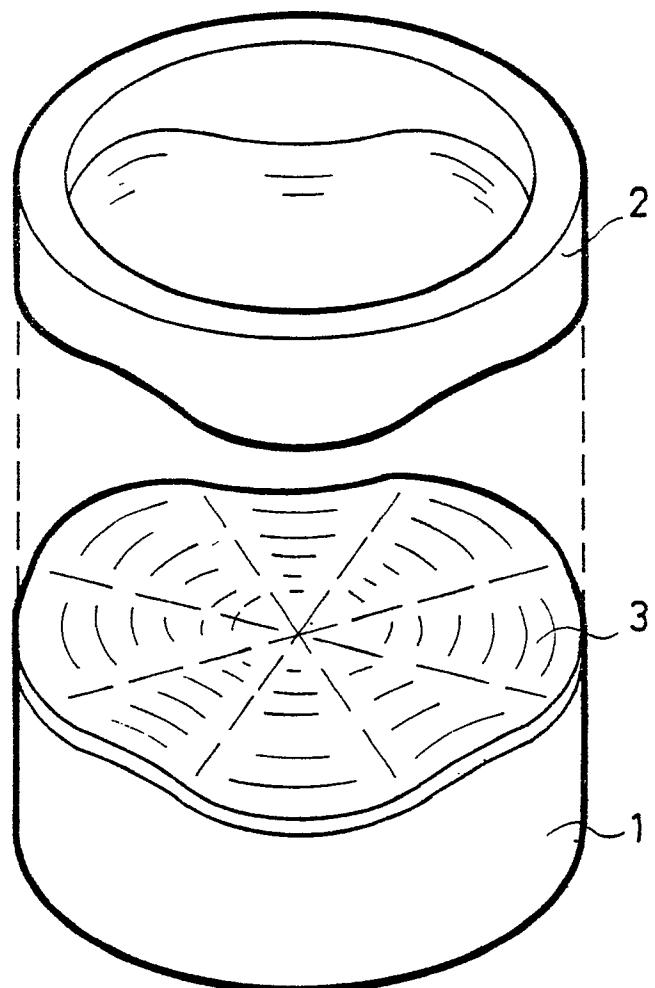


FIG.4

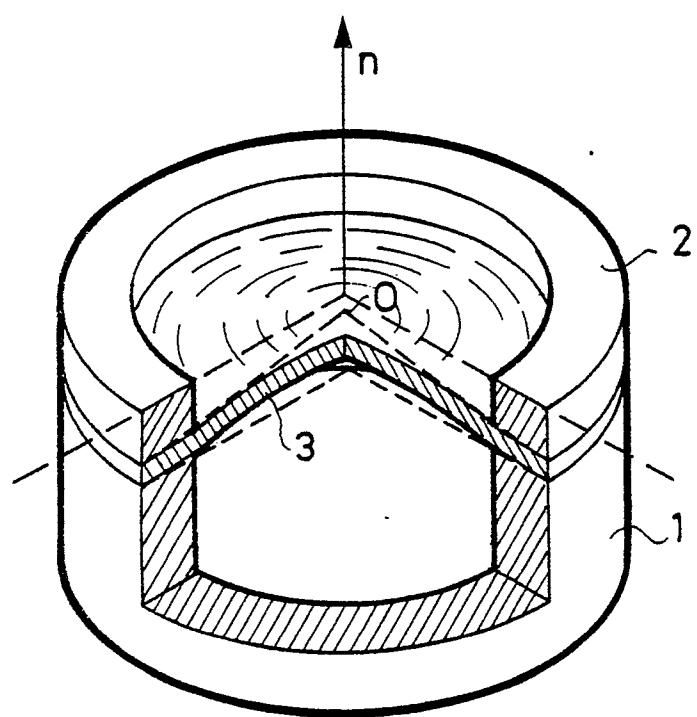


FIG. 5

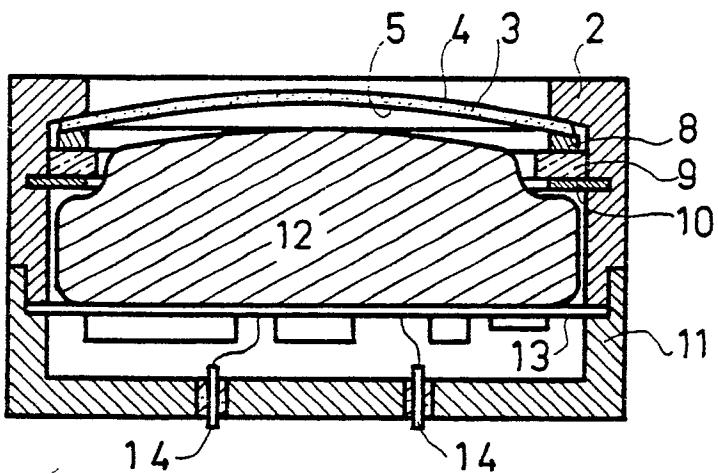


FIG. 6

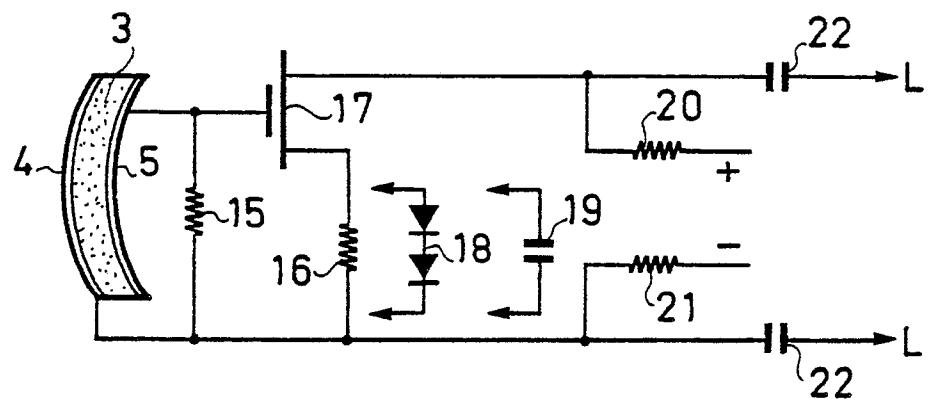


FIG. 7

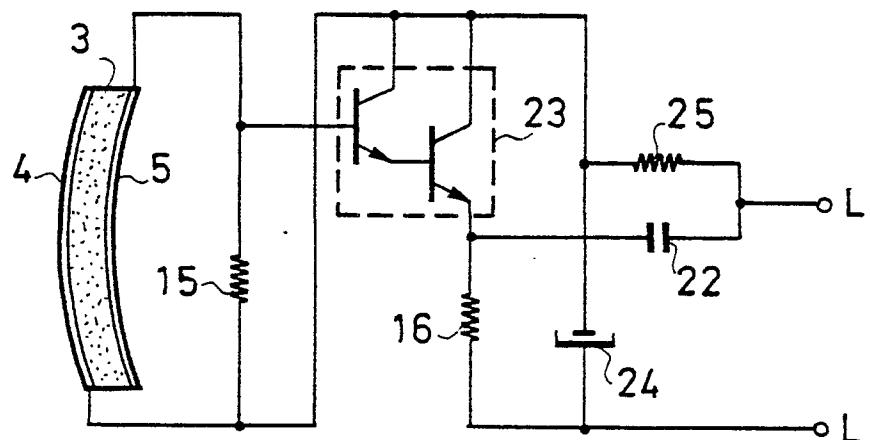


FIG. 8

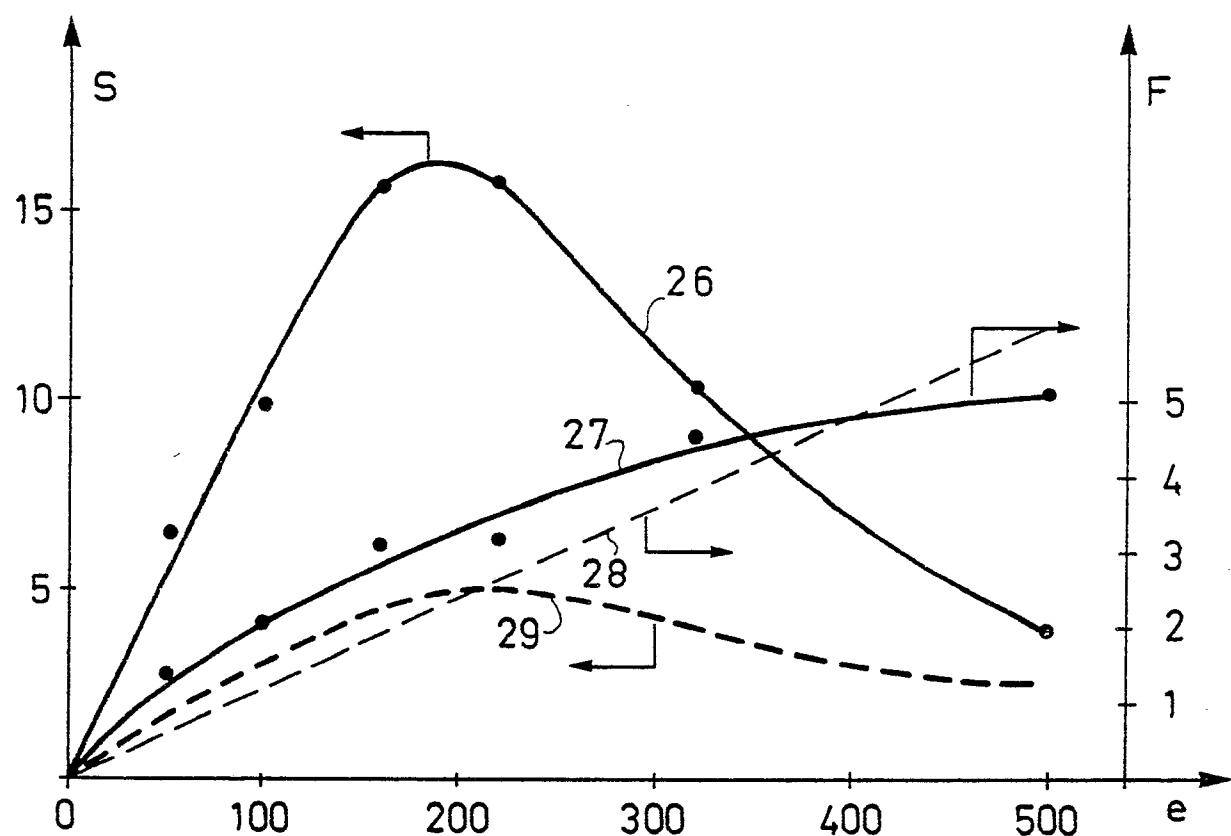


FIG. 9

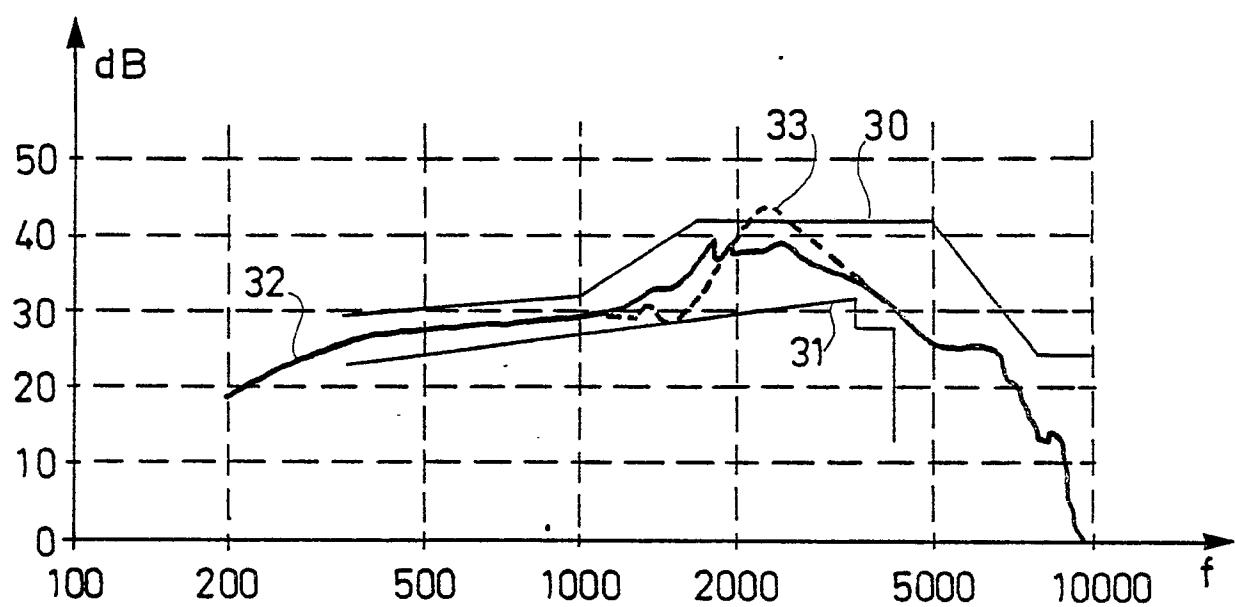


FIG. 10

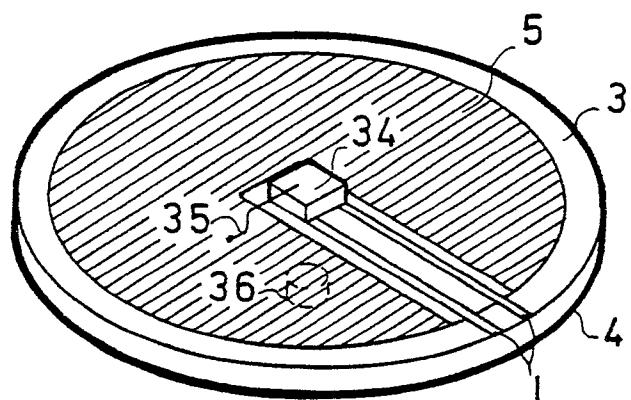


FIG. 11

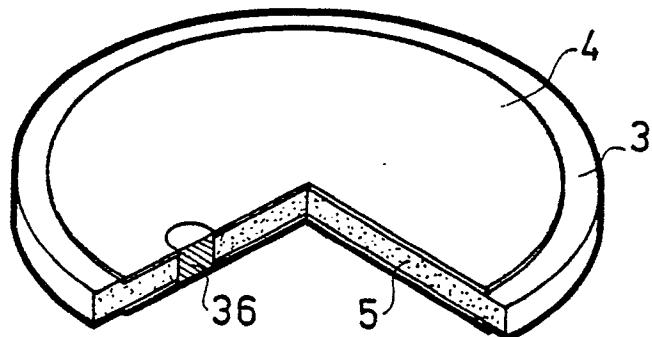
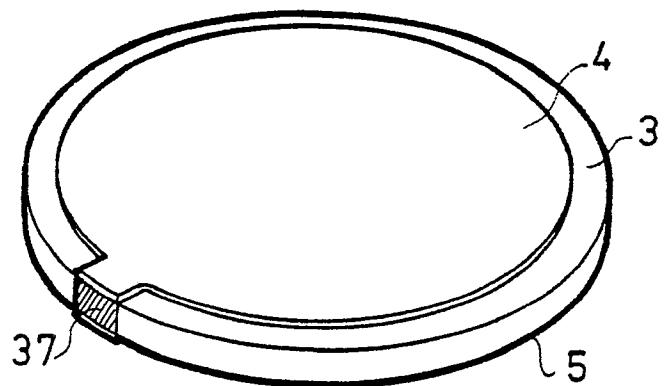
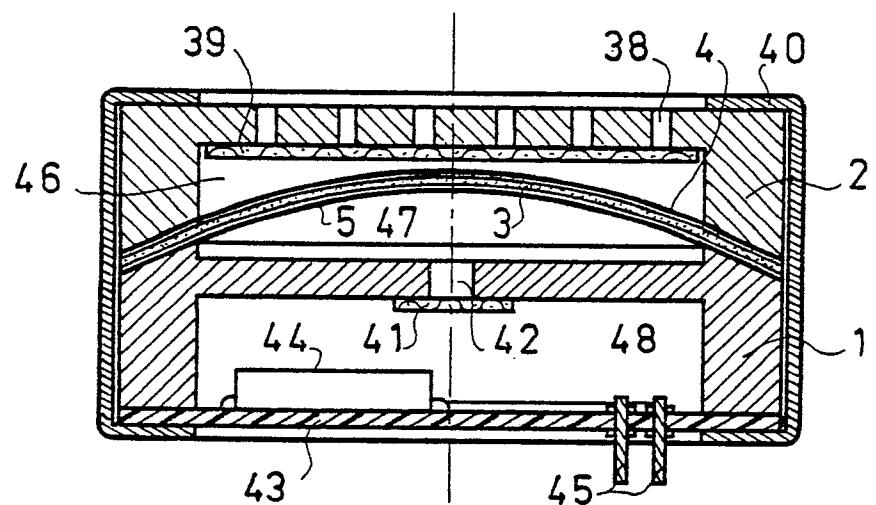


FIG. 12



**FIG.13**



**FIG.14**

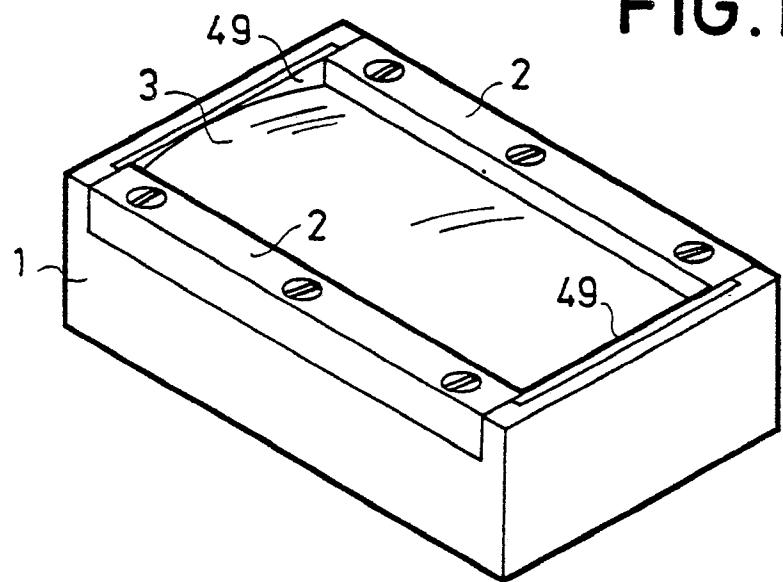


FIG.15

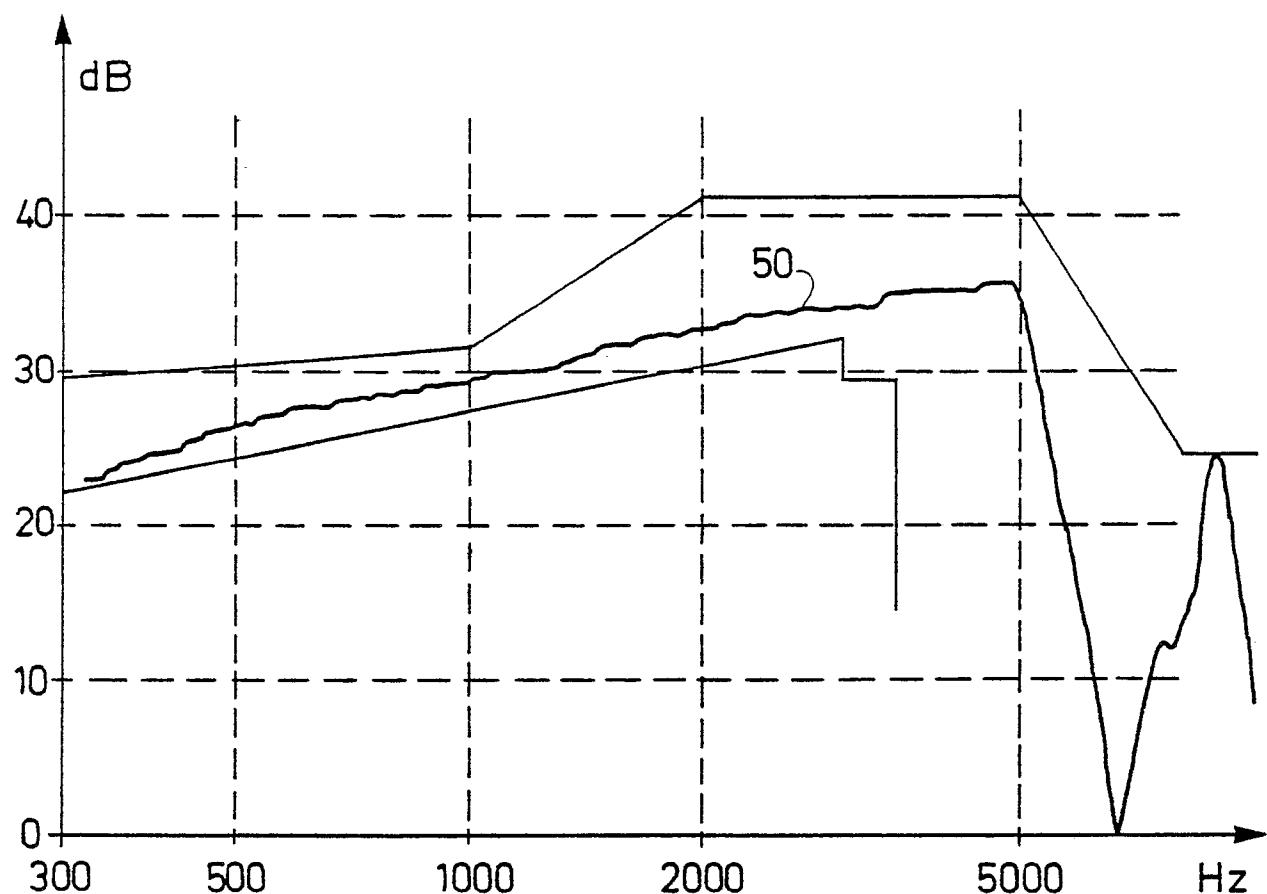


FIG.16

